

2/3 (1/1 WPI) - (C) WPI / DERWENT

AN - 2000-535685 [49]

AP - JP19990054609 19990302

PR - JP19980315582 19981106

TI - Scanning type near field microscope has optical propagation probe  
which is perpendicularly vibrated with respect to specimen by  
piezoelectric element

IW - SCAN TYPE FIELD MICROSCOPE OPTICAL PROPAGATE PROBE  
PERPENDICULAR

VIBRATION RESPECT SPECIMEN PIEZOELECTRIC ELEMENT

PA - (DASE) SEIKO INSTR INC

PN - JP2000199736 A 20000718 DW200049 G01N13/14 010pp

ORD - 2000-07-18

IC - G01B11/24 ; G01B21/30 ; G01N13/14

FS - EPI

DC - S02 S03 V05

AB - JP2000199736 NOVELTY - A piezoelectric element (2) oscillates a light propagation probe (1), whose displacement is detected by a displacement detector. Based on the output of detector, a controller (20) controls the element to keep constant space between the probe and specimen (3). A voltage feedback unit feedbacks voltage to remove vibration resulting from applied voltage, after applying AC to the specimen.

- USE - Scanning type near field microscope for measuring optical property in minute area of measurement material.
- ADVANTAGE - Observes potential difference on the surface with high resolution.
- DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the block diagram of microscope.
- Probe 1
- Piezoelectric element 2
- Specimen 3
- Controller 20
- (Dwg.1/8)

Continue on database PAJ : Y / N ?

? y

3/3 (1/1 PAJ) - (C) PAJ / JPO

PN - JP2000199736 A 20000718

AP - JP19990054609 19990302

PA - SEIKO INSTRUMENTS INC

IN - CHIBA TOKUO; MURAMATSU HIROSHI; YAMAMOTO NORITAKA

I - G01N13/14 ; G01B11/24 ; G01B21/30

TI - SCANNING NEAR-FIELD MICROSCOPE

AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a scanning near-field microscope capable of observing the potential distribution of the surface of a sample with high resolving power, in addition to the shape image and

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

two-dimensional optical characteristic image of the surface of the sample.

- **SOLUTION:** In a scanning near-field microscope vibrating a photoconductive probe 1 in its resonance frequency to perform scanning control atomic force microscope(AFM) of dynamic mode, the photoconductive probe 1 is set to ground potential, and AC voltage is applied to a sample 3 and the displacement detection signal of the photoconductive probe 1 is separated in frequency by using a frequency separating circuit 24 to obtain a surface potential signal. At the same time, near-field light is emitted from the micro-opening provided to the leading tip of the photoconductive probe 1 to measure the optical characteristics of the sample 3 to simultaneously measure the surface shape, surface potential and optical characteristics of the sample.

ABV - 200010

ABD - 20001117

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-199736

(P2000-199736A)

(43)公開日 平成12年7月18日 (2000.7.18)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 01 N 13/14  
G 01 B 11/24  
21/30

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 01 N 37/00  
G 01 B 11/24  
21/30

D 2 F 0 6 5  
Z 2 F 0 6 9  
Z

審査請求 未請求 請求項の数9 O.L (全10頁)

(21)出願番号 特願平11-54609

(22)出願日 平成11年3月2日 (1999.3.2)

(31)優先権主張番号 特願平10-315582

(32)優先日 平成10年11月6日 (1998.11.6)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000002325

セイコーインスツルメンツ株式会社  
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

(72)発明者 千葉 徳男

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

(72)発明者 村松 宏

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

(74)代理人 100096286

弁理士 林 敬之助

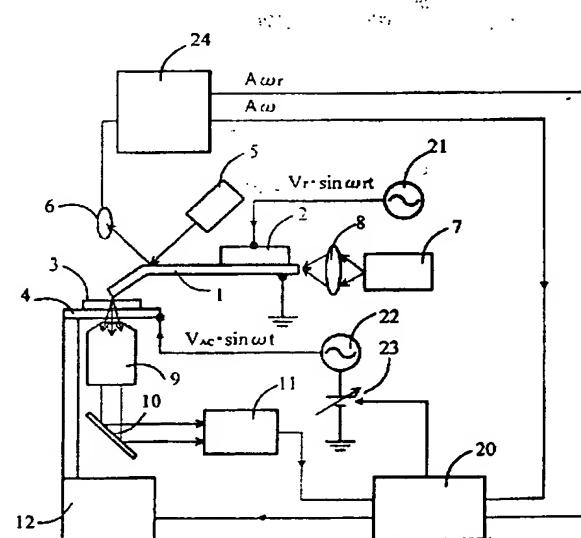
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 走査型近視野顕微鏡

(57)【要約】

【課題】 試料表面の形状像及び2次元的な光学特性像に加えて、試料表面の電位分布を高分解能で観察可能な走査型近視野顕微鏡を提供する。

【解決手段】 光伝搬体プローブ1をその共振周波数で振動させて、ダイナミックモードのAFMによって走査制御する走査型近視野顕微鏡において、光伝搬体プローブ1をグランド電位とし、試料3に交流電圧を印加し、光伝搬体プローブ1の変位検出信号を周波数分離回路24を用いて周波数分離し、表面電位信号を得ると同時に、光伝搬体プローブ1先端の微小開口から近視野光を照射して試料3の光学特性を測定することにより、試料の表面形状、表面電位及び光学特性を同時に測定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 端部に光を透過する透過口を有する光伝搬体からなり、透過口部を除く先端部に導電性の金属膜被覆を有する光伝搬体プローブを有し、前記光伝搬体プローブの先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面との間隔を、前記光伝搬体プローブの先端部と前記表面との間に原子間力あるいはその他の相互作用に関わる力が作用する動作距離内に近づけた状態で、2次元的な走査手段によって前記試料表面を走査するとともに、制御手段によって前記表面の形状に沿って前記光伝搬体プローブを制御し、前記表面の微小領域に対して、光照射あるいは光検出を行い、試料形状と2次元光学情報を同時に測定する走査型近視野顕微鏡において、

前記光伝搬体プローブの先端と前記表面を相対的に垂直方向に振動させる振動手段と、  
前記光伝搬体プローブの変位を検出する変位検出手段と、

前記変位検出手段が output する検出信号に基づいて前記光伝搬体プローブの先端部と前記表面の間隔を一定に保つための制御手段と、

前記光伝搬体プローブ先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面間に交流電圧を印加する電圧印加手段と、  
前記印加電圧に起因する前記光伝搬体プローブの振動を除去するように電圧を帰還する電圧帰還手段とを有することを特徴とする走査型近視野顕微鏡。

【請求項2】 端部に光を透過する透過口を有する光伝搬体からなり、透過口部を除く先端部に導電性の金属膜被覆を有する光伝搬体プローブを有し、前記光伝搬体プローブの先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面との間隔を、前記光伝搬体プローブの先端部と前記表面との間に原子間力あるいはその他の相互作用に関わる力が作用する動作距離内に近づけた状態で、2次元的な走査手段によって前記試料表面を走査するとともに、制御手段によって前記表面の形状に沿って前記光伝搬体プローブを制御し、前記表面の微小領域に対して、光照射あるいは光検出を行い、試料形状と2次元光学情報を同時に測定する走査型近視野顕微鏡において、

前記光伝搬体プローブの変位を検出する変位検出手段と、  
前記変位検出手段が output する検出信号に基づいて前記光伝搬体プローブの先端部と前記表面の間隔を一定に保つための制御手段と、

前記光伝搬体プローブ先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面間に交流電圧を印加する電圧印加手段と、  
前記印加電圧に起因する前記光伝搬体プローブの振動を除去するように電圧を帰還する電圧帰還手段とを有することを特徴とする走査型近視野顕微鏡。

【請求項3】 端部に光を透過する透過口を有する光伝搬体からなり、透過口部を除く先端部に導電性の金属膜被覆を有する光伝搬体プローブを有し、前記光伝搬体プローブ

プローブの先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面との間隔を、前記光伝搬体プローブの先端部と前記表面との間に原子間力あるいはその他の相互作用に関わる力が作用する動作距離内に近づけた状態で、2次元的な走査手段によって前記試料表面を走査するとともに、制御手段によって前記表面の形状に沿って前記光伝搬体プローブを制御し、前記表面の微小領域に対して、光照射あるいは光検出を行い、試料形状と2次元光学情報を同時に測定する走査型近視野顕微鏡において、  
前記光伝搬体プローブの先端と前記表面を相対的に垂直方向に振動させる振動手段と、  
前記光伝搬体プローブの変位を検出する変位検出手段と、

前記変位検出手段が output する検出信号に基づいて前記光伝搬体プローブの先端部と前記表面の間隔を一定に保つための制御手段と、

前記光伝搬体プローブ先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面間に交流電圧を印加する電圧印加手段と、  
前記印加電圧に起因する前記光伝搬体プローブの振動を除去するように電圧を帰還する電圧帰還手段と、

前記表面の微小領域に対して、光照射あるいは光検出を行うための光源に光変調を行う変調手段と、  
前記印加電圧に起因する前記光伝搬体プローブの振動検出信号を、前記変調手段の変調信号に対応して位相検波する位相検波手段とを有することを特徴とする走査型近視野顕微鏡。

【請求項4】 前記光伝搬体プローブは、基板状の基部と、  
前記基板状の基部上に少なくとも1層以上の積層構造をなす光導波層を有し、  
前記光導波層が前記基部より突き出て梁状のカンチレバーを形成していることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の走査型近視野顕微鏡。

【請求項5】 前記光伝搬体プローブは、弾性機能を有する部分と、  
この弾性機能を有する部分を支持する基部からなり、  
前記弾性的機能を有する部分がこの弾性機能部を支持する柱状の基部と一体に形成されるとともに少なくとも柱状部を有し、この柱状部の外形が前記柱状基部の外形より細く形成されていることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の走査型近視野顕微鏡。

【請求項6】 前記光伝搬体は、薄膜光導波路であることを特徴とする請求項4記載の走査型近視野顕微鏡。

【請求項7】 前記光伝搬体は光ファイバーであることを特徴とする請求項5記載の走査型近視野顕微鏡。

【請求項8】 前記光伝搬体プローブを搭載する光伝搬体プローブ保持機構は、基材と、圧電素子と、絶縁膜と、電気的に接地された電極板と積層した構造であることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の走査型近視野顕微鏡。

【請求項9】前記光伝搬体プローブは、前記透過口部を除く先端部に導電性の金属膜被覆を有し、前記金属膜は前記透過口部を囲むように配置され、前記光伝搬体は前記金属膜の端面より陥没していることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の走査型近視野顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、走査型プローブ顕微鏡の1つであり、計測物質の微細領域での光学特性を計測する走査型近視野顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】原子間力顕微鏡（AFM）、走査型トンネル顕微鏡（STM）に代表される走査型プローブ顕微鏡は、試料表面の微細な形状を観察することができるところから広く普及している。一方、先端が尖鋭化された光媒体からなるプローブを光の波長以下まで測定試料に近づけることによって、試料の光学特性や形状を測定しようという試みがあり、いくつかの近接場光顕微鏡が提案されている。この一つの装置として、試料に対して垂直に保持した光ファイバープローブの先端を試料表面に対して水平に振動させ、試料表面とプローブ先端の摩擦によって生じる振動の振幅の変化を光ファイバープローブ先端から照射され試料を透過したレーザー光の光軸のズレとして検出し、試料を微動機構で動かすことによって、プローブ先端と試料表面の間隔を一定に保ち、微動機構に入力した信号強度から表面形状を検出するとともに試料の光透過性の測定を行う装置が提案されている。

【0003】また、日本国特許第270460号には、鉤状に成形した光ファイバープローブをAFMのカンチレバーとして使用し、AFM動作すると同時に、光ファイバープローブの先端から試料にレーザー光を照射し、表面形状を検出するとともに試料の光学特性の測定を行う走査型近視野原子間力顕微鏡について記述されている。

【0004】これらの光伝搬体プローブを用いる走査型プローブ顕微鏡では、試料表面とプローブ先端の摩擦によって生じる振動振幅の変化の検出、あるいは試料表面とプローブ先端に作用する原子間力の検出は、プローブの弾性機能、即ちプローブのたわみを検出することにより行っている。従来、この弾性機能としては光ファイバ自体の弾性をそのまま使用していた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、一般にAFMのカンチレバーのバネ定数は100分の1N/mから数N/m程度であるのに対し、光ファイバー自体の弾性機能を利用する場合のプローブのバネ定数は数N/mから数100N/mである。プローブのバネ定数が大きい場合、試料やプローブ先端の損傷の危険があるばかりでなく、プローブ先端とサンプル間に作用する原子間力をは

じめとする諸物理量の検出感度が劣化する。特開平10-104244は、バネ定数を小さくした光ファイバープローブを使用した走査型近視野顕微鏡が、コンタクトモード走査や走査型摩擦力顕微鏡などの走査が可能であることが記述されている。しかし、従来の走査型近視野顕微鏡装置では試料表面の電位を測定することはできない。

【0006】本発明の目的は、試料表面の形状像及び2次元的な光学特性像に加えて、試料表面の電位分布を高分解能で観察可能な走査型近視野顕微鏡を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、請求項1に係る走査型近視野顕微鏡は、端部に光を透過する透過口を有する光伝搬体からなり、透過口部を除く先端部に導電性の金属膜被覆を有する光伝搬体プローブを有し、前記光伝搬体プローブの先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面との間隔を、前記光伝搬体プローブの先端部と前記表面との間に原子間力あるいはその他の相互作用に関わる力が作用する動作距離内に近づけた状態で、2次元的な走査手段によって前記試料表面を走査するとともに、制御手段によって前記表面の形状に沿って前記光伝搬体プローブを制御し、前記表面の微小領域に対して、光照射あるいは光検出を行い、試料形状と2次元光学情報を同時に測定する走査型近視野顕微鏡において、前記光伝搬体プローブの先端と前記表面を相対的に垂直方向に振動させる振動手段と、前記光伝搬体プローブの変位を検出する変位検出手段と、前記変位検出手段が outputする検出信号に基づいて前記光伝搬体プローブの先端部と前記表面の間隔を一定に保つための制御手段と、前記光伝搬体プローブ先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面間に交流電圧を印加する電圧印加手段と、前記印加電圧に起因する前記光伝搬体プローブの振動を除去するように電圧を帰還する電圧帰還手段とを有することを特徴とする。

【0008】この発明によれば、光伝搬体プローブの先端部と試料表面の間隔を一定に保つための制御信号は、試料表面の形状を反映し、また、前記印加電圧に起因する前記光伝搬体プローブの振動を除去するように電圧を帰還する電圧帰還手段の信号は、試料表面の表面電位を反映している。従って、光伝搬体プローブ先端の微小開口で光を入出力することにより試料表面の光学特性、試料表面形状及び試料表面電位を同時に測定することができる。

【0009】また、請求項2に係る走査型近視野顕微鏡は、端部に光を透過する透過口を有する光伝搬体からなり、透過口部を除く先端部に導電性の金属膜被覆を有する光伝搬体プローブを有し、前記光伝搬体プローブの先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面との間隔を、前記光伝搬体プローブの先端部と前記表面との間に原子間

力あるいはその他の相互作用に関わる力が作用する動作距離内に近づけた状態で、2次元的な走査手段によって前記試料表面を走査するとともに、制御手段によって前記表面の形状に沿って前記光伝搬体プローブを制御し、前記表面の微小領域に対して、光照射あるいは光検出を行い、試料形状と2次元光学情報を同時に測定する走査型近視野顕微鏡において、前記光伝搬体プローブの変位を検出する変位検出手段と、前記変位検出手段が出力する検出信号に基づいて前記光伝搬体プローブの先端部と前記表面の間隔を一定に保つための制御手段と、前記光伝搬体プローブ先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面間に交流電圧を印加する電圧印加手段と、前記印加電圧に起因する前記光伝搬体プローブの振動を除去するように電圧を帰還する電圧帰還手段とを有することを特徴とする。

【0010】この発明によれば、請求項1に係わる発明とはプローブ先端と試料表面の距離制御方法は異なるが、光伝搬体プローブの先端部と試料表面の間隔を一定に保つための制御信号は、試料表面の形状を反映し、また、前記印加電圧に起因する前記光伝搬体プローブの振動を除去するように電圧を帰還する電圧帰還手段の信号は、試料表面の表面電位を反映している。従って、光伝搬体プローブ先端の微小開口で光を入出力することにより試料表面の光学特性、試料表面形状及び試料表面電位を同時に測定することができる。

【0011】また、請求項3に係る走査型近視野顕微鏡は、端部に光を透過する透過口を有する光伝搬体からなり、透過口部を除く先端部に導電性の金属膜被覆を有する光伝搬体プローブを有し、前記光伝搬体プローブの先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面との間隔を、前記光伝搬体プローブの先端部と前記表面との間に原子間力あるいはその他の相互作用に関わる力が作用する動作距離内に近づけた状態で、2次元的な走査手段によって前記試料表面を走査するとともに、制御手段によって前記表面の形状に沿って前記光伝搬体プローブを制御し、前記表面の微小領域に対して、光照射あるいは光検出を行い、試料形状と2次元光学情報を同時に測定する走査型近視野顕微鏡において、前記光伝搬体プローブの先端と前記表面を相対的に垂直方向に振動させる振動手段と、前記光伝搬体プローブの変位を検出する変位検出手段と、前記変位検出手段が出力する検出信号に基づいて前記光伝搬体プローブの先端部と前記表面の間隔を一定に保つための制御手段と、前記光伝搬体プローブ先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面間に交流電圧を印加する電圧印加手段と、前記印加電圧に起因する前記光伝搬体プローブの振動を除去するように電圧を帰還する電圧帰還手段と、前記表面の微小領域に対して、光照射あるいは光検出を行うための光源に光変調を行う変調手段と、前記印加電圧に起因する前記光伝搬体プローブの振動検出信号を、前記変調手段の変調信号に対応して位相

検波する位相検波手段とを有することを特徴とする。

【0012】この発明によれば、光伝搬体プローブの先端部と試料表面の間隔を一定に保つための制御信号は、試料表面の形状を反映し、また、記印加電圧に起因する前記光伝搬体プローブの振動を除去するように電圧を帰還する電圧帰還手段の信号は、試料表面の表面電位を反映している。従って、光伝搬体プローブ先端の微小開口で光を入出力することにより試料表面の光学特性、試料表面形状及び試料表面電位を同時に測定することができる。さらに、光照射あるいは光検出を行うための光源に光変調を行うことにより、光照射、未照射による試料表面の電位像を同時に測定することができる。

【0013】また、請求項4に係る走査型近視野顕微鏡は、請求項1乃至請求項3の発明において、光伝搬体プローブは、基板状の基部と、前記基板状の基部上に少なくとも1層以上の積層構造をなす光導波層を有し、前記光導波層が前記基部より突き出た梁状のカンチレバーを形成していることを特徴とする。この発明によれば、光伝搬体プローブは光導波層からなるカンチレバーとして構成することができ、従来のAFM用カンチレバーと同等のバネ定数を与えることが可能となる。従って、表面電位測定に十分な感度を有する走査型近視野顕微鏡を構成することができる。

【0014】また、請求項5に係る走査型近視野顕微鏡は、請求項1乃至請求項3の発明において、光伝搬体プローブは、弾性機能を有する部分と、この弾性機能を有する部分を支持する基部からなり、前記弾性的機能を有する部分がこの弾性機能部を支持する柱状の基部と一緒に形成されるとともに少なくとも柱状部を有し、この柱状部の外形が前記柱状基部の外形より細く形成されていることを特徴とする。

【0015】この発明によれば、光伝搬体プローブは細化した光伝搬体で構成することができ、従来のAFM用カンチレバーと同等のバネ定数を与えることが可能となる。従って、表面電位測定に十分な感度を有する走査型近視野顕微鏡を構成することができる。また、請求項6に係る走査型近視野顕微鏡は、請求項4の発明において、光伝搬体は、薄膜光導波路であることを特徴とする。

【0016】この発明によれば、光伝送効率の高い光導波路を光伝搬体プローブとして用いるため、微小開口への光伝送損失の少ない、または微小開口からの光伝送損失の少ない走査型近視野顕微鏡を構成することができ、高感度の光学特性の測定を行うことができる。また、請求項7に係る走査型近視野顕微鏡は、請求項5の発明において、光伝搬体は、光ファイバーであることを特徴とする。

【0017】この発明によれば、光伝送効率の高い光ファイバーを光伝搬体プローブとして用いるため、微小開口への光伝送損失の少ない、または微小開口からの光伝

送損失の少ない走査型近視野顕微鏡を構成することができ、高感度の光学特性の測定を行うことができる。また、請求項8に係る走査型近視野顕微鏡は、請求項1乃至請求項3の発明において、前記光伝搬体プローブを搭載する光伝搬体プローブ保持機構は、基材と、圧電素子と、絶縁膜と、電気的に接地された電極板と積層した構造であることを特徴とする。

【0018】この発明によれば、前記光伝搬体プローブを前記保持機構に搭載するのみで、電位測定上必要となる電気的な接地電位を確保できるので、表面電位測定が正確かつ容易な、走査型近視野顕微鏡を構成することができる。また、請求項9に係る走査型近視野顕微鏡は、請求項1乃至請求項3の発明において、光伝搬体プローブは、透過口部を除く先端部に導電性の金属膜被覆を有し、前記金属膜は前記透過口部を囲むように配置され、前記光伝搬体は前記金属膜の端面より陥没していることを特徴とする。

【0019】この発明によれば、前記光伝搬体プローブの先端部分は誘電体が配置されず、プローブ先端部は金属膜被覆のみとなるので、電気的な接地電位を安定させることができ、正確な表面電位測定が行える、走査型近視野顕微鏡を構成することができる。

#### 【0020】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係る走査型近視野顕微鏡の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

(実施の形態1) 図1は、実施の形態1に係る走査型近視野顕微鏡の概略構成を示すブロック図である。

【0021】図1において、実施の形態1に係る走査型近視野顕微鏡は、光伝搬体プローブ1と、光伝搬体プローブ1を加振させる圧電素子2と、圧電素子2に加振電圧を供給する交流電圧源21と、光伝搬体プローブ1の変位計測用レーザー光源5及びその光検出器6と、光検出器6で検出した信号を周波数分離する周波数分離回路24と、光伝搬体プローブ1にレーザー光を導入するためのレーザー光源7及びレーザー光導入光学系8と、試料3及び試料を載せる試料台4と、試料を3次元に移動させるXYZ移動機構12と、集光光学系9と、反射ミラー1.0と、試料からの信号光を検出する光検出器11と、試料に電圧を印加するための電位測定用交流電圧源22およびオフセット調整回路23と、全体の走査制御及び形状、光、表面電位などの信号を取得する制御装置20と、から構成される。

【0022】図4は、光伝搬体プローブ1の一つの例を示した。基部104には光導波路101が取り付けられている。光導波路101はAFM制御を用いた走査制御を行うために、先端付近が下向きに曲げられている。光導波路101の周囲は、後端を除いて金属被覆102で被覆され、先端部には微小開口103が形成されている。微小開口103の大きさは使用されるレーザー光の波長以下のサイズで、例えば数10nmである。

波長以下のサイズで、例えば数10nmである。光導波路101としては例えば石英系の光導波路が用いられる。光導波路の構造は、図4は単層の構造を示しているが、光学的な屈折率の高いコア層を屈折率の低いクラッド層ではさんだ形状の、ステップインデックス型光導波路を用いることができる。金属被覆102の厚さは数10nmから数100nmで、その材料はアルミニウム、クロム、金、白金など導電率の高い光反射材料が用いられる。基部104は例えば薄膜プロセスで一般にウエハーとして用いられるシリコン基板やガラス基板であり、製造過程において、光導波路を積層パターニングしたあと、エッチングにより素子分離したものである。プローブの長さは数10ミクロンから数100ミクロン、厚さは数ミクロン、幅は数10ミクロンから100ミクロン程度である。このとき、光伝搬体プローブ1をカンチレバーとした場合のバネ定数は、100分の数N/mから数N/mで、一般的AFMカンチレバーのバネ定数と同等である。

【0023】図5は光伝搬体プローブ1の他の例を示した。光ファイバー111は先端部付近が細化され、AFM制御を用いた走査制御を行うために、先端付近が下向きに曲げられている。ファイバー111の周囲は、後端を除いて金属被覆112で被覆され、先端部には微小開口103が形成されている。微小開口103の大きさは使用されるレーザー光の波長以下のサイズで、例えば数10nmである。光ファイバー111は、使用する光源の波長に応じた設計のシングルモード光ファイバーやマルチモード光ファイバーが用いられる。金属被覆112の厚さは数10nmから数100nmで、その材料はアルミニウム、クロム、金、白金など導電率の高い光反射材料が用いられる。光ファイバー111の細化された部分の直径は10ミクロンから60ミクロン程度、長さは0.5mmから3mmで、そのバネ定数は10分の数N/mから数10N/mである。

【0024】図7および図8は、光伝搬体プローブの例を示した図であり、先端の微小開口部付近の縦断面図を表している。光導波路や光ファイバーなど誘電率の大きい光伝搬体130は先端付近で錐状をなしている。光伝搬体130の先端付近の周囲は、金属膜被覆112で被覆されている。先端には微小開口103が形成されている。微小開口103が形成されている先端面に光伝搬体130はなく、光伝搬体130は金属膜被覆112の端面より陥没している。すなわち、光伝搬体プローブ先端の微小開口付近に誘電体ではなく、金属膜被覆103のみが配置されている。

【0025】図7および図8に示した光伝搬体プローブは、先端の微小開口103部分の形状が異なる。この形状の違いは、製造方法の違いに起因する。図7に示した微小開口形状は、従来の光ファイバープローブ製造と同様に、尖鋭化した光伝搬体130に、微小開口103を

除いて金属膜被覆112を例えれば回転蒸着により形成する。その後、金属膜被覆112をマスクとし、微小開口103を通して、先端付近の光伝搬体を等方性エッチングすることにより所望の形状を製造することができる。図8に示した微小開口形状は、尖鋭化した光伝搬体130の先端付近の微小開口部分を含めた全体に、例えは蒸着、スパッタリング、メッキなどの手法により金属膜被覆112を形成する。その後、集束イオンビームを使用して微小開口103部分の金属膜被覆を除去することにより所望の形状を製造することができる。

【0026】以上のような光伝搬体プローブの構造によれば、プローブ先端部は金属膜被覆のみとなるので、電気的な接地電位を安定させることができ、正確な表面電位測定が行える、走査型近視野顕微鏡を構成することができる。図1において、光伝搬体プローブ1の変位検出は、光てこを示しているが、レーザー干渉計、圧電センサー、静電容量センサーなど他の変位検出器も用いることができる。また、レーザー光導入光学系8は、レンズ光学系、光ファイバー光学系などが用いられる。

【0027】圧電素子2には、交流電圧源21から、光伝搬体プローブ1の共振周波数に対応する加振電圧 $V_r \cdot \sin \omega_r t$ が印加される。ここで、 $V_r$ は電圧振幅、 $\omega_r$ は光伝搬体プローブの共振周波数、 $t$ は時間である。光伝搬体プローブ1の振動は、光てこを構成する変位計測用レーザー光源5及びその光検出器6で検出され、周波数分離回路24で生成された周波数の $r$ 成分の信号を用いて、ダイナミックモードのAFM制御により走査制御される。試料の走査はXYZ移動機構12で行われ、その制御は制御装置20によって行われる。

【0028】一方、光伝搬体プローブ1は圧電素子2とは電気的に絶縁され、かつ、電気的なグランドに接続されている。即ち、光伝搬体プローブはグランド電位とされている。試料台4と電気的に接続された試料3には、電位測定用交流電圧源22から電圧 $V_{AC} \sin \omega t$ が印加される。このとき、試料表面の電位に応じて光伝搬体カンチレバーには周波数 $\omega$ の振動が生じる。この周波数 $\omega$ の振動は周波数分離回路24で表面電位信号として分離され、制御装置20へ伝送される。制御装置は、電圧 $V_{AC} \sin \omega t$ による光伝搬体プローブ1の振動がなくなるようにオフセット調整回路23のオフセット電圧を調整する。このオフセット電圧が、試料表面の電位に-1を掛けた値を示している。

【0029】本実施の形態においては、光伝搬体プローブ1の電位を電気的な接地電位とし、試料3に電位測定用の交流電圧を印加する構成を示した。これとは逆に、試料3を電気的な接地電位とし、光伝搬体プローブ1に電位測定用の交流電圧を印加しても電位測定を行うことが可能である。さらに、光伝搬体プローブ1を上記のように、ダイナミックモードのAFM制御により走査制御しながら、光伝搬体プローブ1の後端に、レーザー光源

7のレーザー光が、レーザー光導入光学系8を用いて導入される。プローブ先端部の微小開口から試料に近視野光が照射され、試料を透過したレーザー光は、集光光学系9及び反射ミラー10を介して光検出器11で検出される。図1は、光伝搬体プローブ1の先端の微小開口から近視野光を照射するイルミネーションモードの構成を示しているが、微小開口で試料表面に局在した近視野光を検出する構成（コレクションモード）や、微小開口から近視野光を照射し、同一の微小開口を用いてサンプルからの信号光を検出するイルミネーション・コレクションモードの構成も可能である。

【0030】上記のような走査型近視野顕微鏡の構成によれば、試料表面の形状、光学特性に加えて、試料の表面電位を同時に測定することができる。また、光照射による走査データ、光照射しない場合の走査データを比較することにより、試料表面電位の光照射（光刺激）による変化を測定することも可能である。

（実施の形態2）図2は、実施の形態2に係る走査型近視野顕微鏡の概略構成を示すブロック図である。

【0031】図2において、図1と同一の構成要素には同一の番号を付してある。実施の形態2に係る走査型近視野顕微鏡は、光伝搬体プローブ1と、光伝搬体プローブ1の変位計測用レーザー光源5及びその光検出器6と、光検出器6で検出した信号を周波数分離する周波数分離回路24と、光伝搬体プローブ1にレーザー光を導入するためのレーザー光源7及びレーザー光導入光学系8と、試料3及び試料を載せる試料台4と、試料を3次元に移動させるXYZ移動機構12と、集光光学系9と、反射ミラー10と、試料からの信号光を検出する光検出器11と、試料に電圧を印加するための電位測定用交流電圧源22およびオフセット調整回路23と、全体の走査制御及び形状、光、表面電位などの信号を取得する制御装置20と、から構成される。図1に示した実施の形態1とは、圧電素子2を設置していないところが異なる。

【0032】電気的にグランド電位とした光伝搬体プローブ1と試料3の間にバイアス電圧を印加する。即ち、試料に $V_{AC} \sin \omega t$ で表される交流電圧を印加したとき、光伝搬体プローブ1の先端と試料3表面の静電的な結合により、光伝搬体プローブ1が励振される。光てこで検出された光伝搬体プローブ1の振動は、周波数分離回路24で周波数分離される。

【0033】ここで、2の項は光伝搬体プローブ1先端と試料3表面の距離の項であり、この値を一定とするようにXYZ移動機構で高さ制御して走査することにより、試料3の表面形状を得ることができる。一方、周波数 $\omega$ の項は試料の表面電位の項である。周波数 $\omega$ の信号は周波数分離回路24で表面電位信号として分離され、制御装置20へ伝送される。制御装置は、周波数 $\omega$ の振動がなくなるようにオフセット調整回路23のオフセッ

ト電圧を調整する。このオフセット電圧が、試料表面の電位に-1を掛けた値を示している。

【0034】さらに、光伝搬体プローブ1を上記のように走査制御しながら、光伝搬体プローブ1の後端に、レーザー光源7のレーザー光が、レーザー光導入光学系8を用いて導入される。プローブ先端部の微小開口から試料に近視野光が照射され、試料を透過したレーザー光は、集光光学系9及び反射ミラー10を介して光検出器11で検出される。図2は、光伝搬体プローブ1の先端の微小開口から近視野光を照射するイルミネーションモードの構成を示しているが、微小開口で試料表面に局在した近視野光を検出する構成（コレクションモード）や、微小開口から近視野光を照射し、同一の微小開口を用いてサンプルからの信号光を検出するイルミネーション・コレクションモードの構成も可能である。

【0035】上記のような走査型近視野顕微鏡の構成によれば、試料表面の形状、光学特性に加えて、試料の表面電位を同時に測定することが可能である。また、光照射による走査データ、光照射しない場合の走査データを比較することにより、試料表面電位の光照射（光刺激）による変化を測定することも可能である。

（実施の形態3）図3は、実施の形態3に係る走査型近視野顕微鏡の概略構成を示すブロック図である。

【0036】図3において、図1と同一の構成要素には同一の番号を付してある。実施の形態3に係る走査型近視野顕微鏡は、光伝搬体プローブ1と、光伝搬体プローブ1を加振させる圧電素子2と、圧電素子2に加振電圧を供給する交流電圧源21と、光伝搬体プローブ1の変位計測用レーザー光源5及びその光検出器6と、光検出器6で検出した信号を周波数分離する周波数分離回路24と、光伝搬体プローブ1にレーザー光を導入するためのレーザー光源7及びレーザー光導入光学系8と、レーザー光を振幅変調するための変調装置13と、変調装置13に変調信号を与える変調信号生成器15と、レーザーの変調信号を参照信号として表面電位信号を位相検波するための位相検波装置14と、試料3及び試料を載せる試料台4と、試料を3次元に移動させるXYZ移動機構12と、集光光学系9と、反射ミラー10と、試料からの信号光を検出する光検出器11と、試料に電圧を印加するための電位測定用交流電圧源22およびオフセット調整回路23と、全体の走査制御及び形状、光、表面電位などの信号を取得する制御装置20と、から構成される。図1に示した実施の形態1とは、レーザー光の変調を行うところと、レーザー光の変調に対応して表面電位信号を位相検波するところが異なる。

【0037】圧電素子2には、交流電圧源21から、光伝搬体プローブ1の共振周波数に対応する加振電圧 $V_r \cdot \sin \omega_r t$ が印加される。ここで、 $V_r$ は電圧振幅、 $\omega_r$ は光伝搬体プローブの共振周波数、 $t$ は時間である。光伝搬体プローブ1の振動は、光でこれを構成する

変位計測用レーザー光源5及びその光検出器6で検出され、周波数分離回路24で生成された周波数 $\omega_r$ 成分の信号を用いて、ダイナミックモードのAFM制御により走査制御される。試料の走査はXYZ移動機構12で行われ、その制御は制御装置20によって行われる。

【0038】一方、光伝搬体プローブ1は圧電素子2とは電気的に絶縁され、かつ、電気的なグランドに接続されている。即ち、光伝搬体プローブはグランド電位とされている。試料台4と電気的に接続された試料3には、電位測定用交流電圧源22から電圧 $V_{AC} \sin \omega_t$ が印加される。このとき、試料表面の電位に応じて光伝搬体カンチレバーには周波数 $\omega$ の振動が生じる。この周波数 $\omega$ の振動は周波数分離回路24で表面電位信号として分離され、制御装置20へ伝送される。制御装置は、電圧 $V_{AC} \sin \omega_t$ による光伝搬体プローブ1の振動がなくなるようにオフセット調整回路23のオフセット電圧を調整する。このオフセット電圧が、試料表面の電位に-1を掛けた値を示している。

【0039】さらに、光伝搬体プローブ1を上記のように、ダイナミックモードのAFM制御により走査制御しながら、光伝搬体プローブ1の後端に、レーザー光源7のレーザー光が、変調装置13及びレーザー光導入光学系8を用いて導入される。変調装置13は変調信号生成器15からの信号 $V_{AC} \sin \omega_0 t$ に基づいてレーザー光の振幅変調を行う。プローブ先端部の微小開口から試料に近視野光が照射され、試料を透過したレーザー光は、集光光学系9及び反射ミラー10を介して光検出器11で検出される。光検出器11で検出される信号は、変調装置13によって変調されているので、位相検波することにより信号のS/N比を大きくすることができる。図1は、光伝搬体プローブ1の先端の微小開口から近視野光を照射するイルミネーションモードの構成を示しているが、微小開口で試料表面に局在した近視野光を検出する構成（コレクションモード）や、微小開口から近視野光を照射し、同一の微小開口を用いてサンプルからの信号光を検出するイルミネーション・コレクションモードの構成も可能である。

【0040】一方、周波数分離回路24の表面電位信号は位相検波器14を用いて、光変調における光照射時の信号と光未照射時の信号に分けられる。これにより、一度の走査で光照射時、未照射時の表面電位測定を行うことが可能となる。上記のような走査型近視野顕微鏡の構成によれば、試料表面の形状、光学特性に加えて、試料の表面電位を同時に測定することが可能である。また、光照射あるいは光検出を行うための光源に光変調を行うことにより、光照射、未照射による試料表面の電位像を同時に測定することが可能である。

【0041】（実施の形態4）図6は、実施の形態4に係る走査型近視野顕微鏡の光伝搬体プローブ保持機構の概略構成を示す図である。図6において、実施の形態4

に係る走査型近視野顕微鏡の光伝搬体プローブ保持機構は、基材121と、圧電素子2と、絶縁膜122と、電気的に接地された電極板123とを積層した構造であり、光伝搬体プローブ1は、電極板123に接触するよう搭載される。

【0042】圧電素子2としては通常バイモルフと呼ばれる圧電セラミクスを用いる。このバイモルフは圧電板をプラスとマイナスの電極ではさんだ構造であり、ここへ直接光伝搬体プローブ1を搭載すると、光伝搬体プローブ1の電位はバイモルフの電極電位となり、正確な表面電位計測を行うことができない。図6の構成では絶縁膜122を介して電気的に接地された電極板123を接地しているので、光伝搬体プローブは取り付けただけで確実にグランド電位とすることができます。

【0043】上記のような走査型近視野顕微鏡の光伝搬体プローブ保持機構によれば、光伝搬体プローブを前記保持機構に搭載するのみで、電位測定上必要となる電気的な接地電位を確保できるので、表面電位測定が正確かつ容易な、走査型近視野顕微鏡を構成することができます。

#### 【0044】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に係る走査型近視野顕微鏡によれば、光伝搬体プローブを用いて、ダイナミックモードのAFMの手法により試料表面を走査制御しながら、光伝搬体プローブ先端と試料表面間にバイアス電圧を印加してその周波数成分から表面電位を測定すると共に、光伝搬体プローブ先端に形成された微小開口から近視野光を照射することにより、試料表面の形状、光学特性に加えて、試料の表面電位を同時に測定することが可能である。また、光照射による走査データ、光照射しない場合の走査データを比較することにより、試料表面電位の光照射（光刺激）による変化を測定することも可能である。また、請求項2に係る走査型近視野顕微鏡によれば、光伝搬体プローブ先端と試料表面間にバイアス電圧を印加して光伝搬体プローブを励振し、その振動の周波数成分から光伝搬体プローブ先端と試料表面の距離を制御して表面形状を得ると共に、別の周波数成分から表面電位を測定し、さらに、光伝搬体プローブ先端に形成された微小開口から近視野光を照射することにより、試料表面の形状、光学特性に加えて、試料の表面電位を同時に測定することが可能である。また、光照射による走査データ、光照射しない場合の走査データを比較することにより、試料表面電位の光照射（光刺激）による変化を測定することも可能である。

【0045】また、請求項3に係る走査型近視野顕微鏡によれば、光伝搬体プローブを用いて、ダイナミックモードのAFMの手法により試料表面を走査制御しながら、光伝搬体プローブ先端と試料表面間にバイアス電圧を印加してその周波数成分から表面電位を測定すると共に、光伝搬体プローブ先端に形成された微小開口から近

視野光を照射することにより、試料表面の形状、光学特性に加えて、試料の表面電位を同時に測定することが可能である。さらに、光照射あるいは光検出を行うための光源に光変調を行うことにより、光照射、未照射による試料表面の電位像を同時に測定することが可能である。

【0046】また、請求項4に係る走査型近視野顕微鏡によれば、請求項1乃至請求項3の発明において、光伝搬体プローブは光導波層からなるカンチレバーとして構成することができ、従来のAFM用カンチレバーと同等のバネ定数を与えることが可能となる。従って、表面電位測定に十分な感度を有する走査型近視野顕微鏡を構成することが可能となる。

【0047】また、請求項5に係る走査型近視野顕微鏡によれば、請求項1乃至請求項3の発明において、光伝搬体プローブは細化した光伝搬体で構成することができ、従来のAFM用カンチレバーと同等のバネ定数を与えることが可能となる。従って、表面電位測定に十分な感度を有する走査型近視野顕微鏡を構成することが可能となる。

【0048】また、請求項6に係る走査型近視野顕微鏡によれば、請求項4の発明において、光伝搬体を薄膜光導波路で構成することにより、微小開口への光伝送損失の少ない、または微小開口からの光伝送損失の少ない走査型近視野顕微鏡を構成することができ、高感度の光学特性の測定を行うことができる。また、請求項7に係る走査型近視野顕微鏡によれば、請求項5の発明において、光伝搬体を光ファイバーで構成することにより、微小開口への光伝送損失の少ない、または微小開口からの光伝送損失の少ない走査型近視野顕微鏡を構成することができ、光学特性の測定を行なうことができる。

【0049】また、請求項8に係る走査型近視野顕微鏡によれば、請求項1乃至請求項3の発明において、光伝搬体プローブを前記保持機構に搭載するのみで、電位測定上必要となる電気的な接地電位を確保できるので、表面電位測定が正確かつ容易な、走査型近視野顕微鏡を構成することができる。また、請求項9に係る走査型近視野顕微鏡によれば、請求項1乃至請求項3の発明において、光伝搬体プローブの先端部分は誘電体が配置されず、プローブ先端部は金属膜被覆のみとなるので、電気的な接地電位を安定させることができ、正確な表面電位測定が行える、走査型近視野顕微鏡を構成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る走査型近視野顕微鏡の概略構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施の形態2に係る走査型近視野顕微鏡の概略構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の実施の形態3に係る走査型近視野顕微鏡の概略構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の実施の形態に係る光伝搬体プローブの

構成図である。

【図5】本発明の実施の形態に係る光伝搬体プローブの構成図である。

【図6】本発明の実施の形態4に係る走査型近視野顕微鏡の光伝搬体プローブ保持機構の概略構成を示す図である。

【図7】本発明の実施の形態に係る光伝搬体プローブの構成図である。

【図8】本発明の実施の形態に係る光伝搬体プローブの構成図である。

【符号の説明】

- 1 光伝搬体プローブ
- 2 圧電素子
- 3 試料
- 4 試料台
- 5 変位計測用レーザー光源
- 6 光検出器
- 7 レーザー光源
- 8 レーザー光導入光学系
- 9 集光光学系
- 10 反射ミラー

11 光検出器

12 X Y Z移動機構

13 姿調装置

14 位相検波器

15 变調信号生成器

20 制御装置

21 交流電圧源

22 電位測定用交流電圧源

23 オフセット調整回路

24 周波数分離回路

101 光導波路

102 金属被覆

103 微小開口

104 基部

111 光ファイバー

112 金属被覆

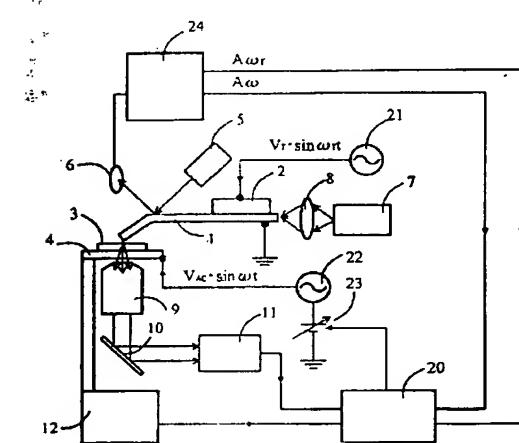
121 基材

122 絶縁膜

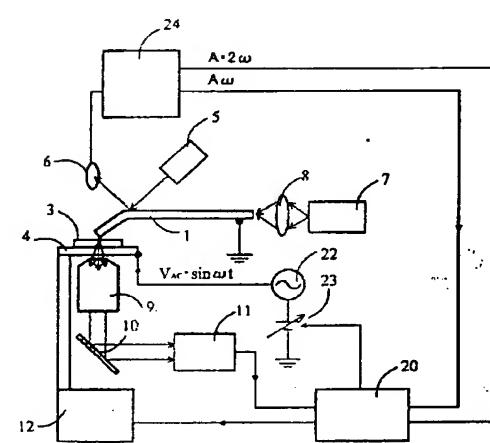
123 電極板

130 光伝搬体

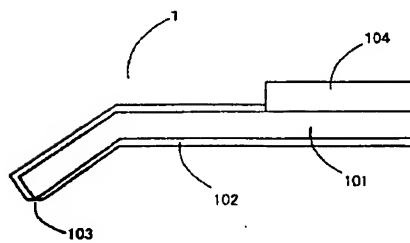
【図1】



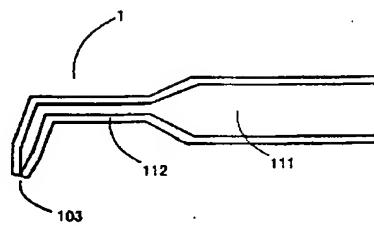
【図2】



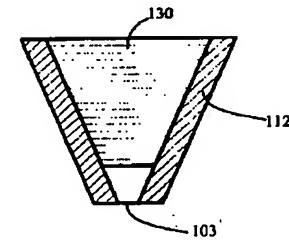
【図4】



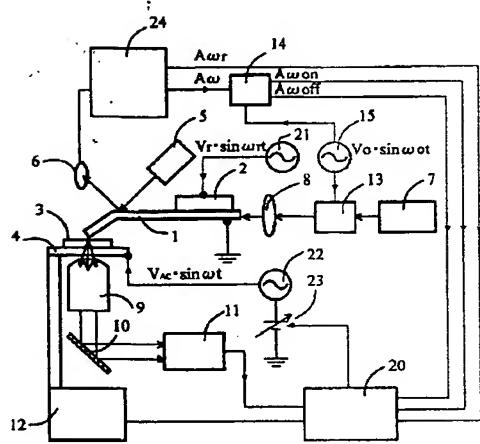
【図5】



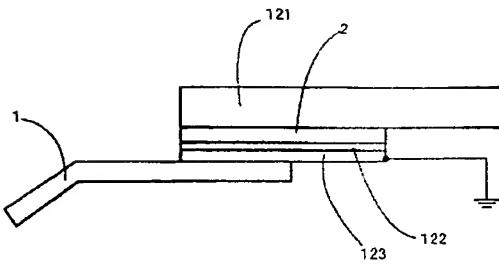
【図7】



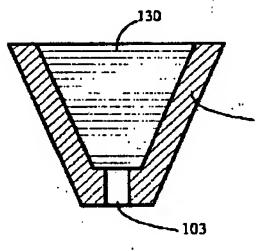
【図3】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 山本 典孝  
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ  
イコーインスツルメンツ株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA49 AA51 GG04 LL04 LL12  
MM03 PP24 UU07  
2F069 AA60 AA61 GG01 GG07 GG15  
GG52 GG62 HH30 JJ15 LL03